１６４E形
ACボルトメータ
取扱説明書

菊水電子工業株式会社

承認	'70.8.2[illegible]
校正	'70.8.2[illegible]

菊水電子工業株式会社　取扱説明書用紙

NP−32635B　6906 100. 50　S 11770

作成	[illegible]
年月日	'70.8.24
仕様番号	S −701251

― 保証 ―

この製品は、菊水電子工業株式会社の厳密な試験・検査を経て、その性能が規格を満足していることが確認され、お届けされております。

弊社製品は、お買上げ日より１年間に発生した故障については、無償で修理いたします。但し、次の場合には有償で修理させていただきます。

1. 取扱説明書に対して誤ったご使用および使用上の不注意による故障・損傷。
2. 不適当な改造・調整・修理による故障および損傷。
3. 天災・火災・その他外部要因による故障および損傷。

なお、この保証は日本国内に限り有効です。

― お願い ―

修理・点検・調整を依頼される前に、取扱説明書をもう一度お読みになった上で再度点検していただき、なお不明な点や異常がありましたら、お買上げもとまたは当社営業所にお問い合せください。

目　次

頁

1. 概　説　3

2. 仕　様　4

3. 使用法　6
  3.1 パネル面および端子の説明　6
  3.2 測定準備　9
  3.3 交流電圧の測定　9
  3.4 交流電流の測定　11
  3.5 出力計としての利用　12
  3.6 波形誤差について　12
  3.7 デシベル換算表の使用法　13

4. 動作原理　17
  4.1 入力部　17
  4.2 前置増幅部　18
  4.3 指示計駆動部　18
  4.4 出力部　19
  4.5 電源部　19

5. 保　守　20
  5.1 内部の点検　20
  5.2 調整および校正　21
  5.3 修　理　22

＊ 回路図

承認

校正

作成

仕様番号 S-701252

1. 概　　説

菊水電子１６４Ｅ形ＡＣボルトメータは測定電圧の平均値に応じた指示をする高感度トランジスタ電圧計で、回路はすべて半導体を採用し消費電力も少なく小形軽量に設計されています。

構成は高入力インピーダンスを有するインピーダンス変換器、分圧器、前置増幅器、指示計回路、出力部、および定電圧回路からなっています。

測定範囲については0.1ｍＶ～５００Ｖ$_{\mathrm{RMS}}$（−８０～５６dBm）を１０dBmの等比ステップで１２レンジに分割して正弦波の実効値で目盛られた等分割目盛で５Ｈｚ～１ＭＨｚの交流電圧を測定できます。

さらに出力端子からフルスケール約1.５Ｖの交流出力電圧が取り出せますから測定中のモニタ又は、前置増幅器としても利用できます。

2. 仕　　様

品　　名	ACボルトメータ	
形　　名	164E	
指示計	目盛長105㎜　2色スケール　F.S　1mA	
目　　盛	正弦波の実効値および1mW　600Ωを基準にしたdBmの値	
入力端子	UHF形レセプタクルおよびGND端子、間隔19㎜（¾"）	
入力抵抗	各レンジ	10MΩ
入力容量	1.5mV～500mVレンジ	40pF以下
	1.5V～500Vレンジ	25pF以下
最大入力電圧	1.5mV～500mVレンジ 交流分：実効値で150V，波高値で±200V 直流分：±400V 1.5～500Vレンジ 交流分：実効値で500V，波高値で±700V 直流分：±400V	
レンジ		12レンジ
RMS目盛のとき	1.5／5／15／50／150／500mVおよび1.5／5／15／50 150／500V	
dBm目盛のとき	－60／－50／－40／－30／－20／－10および0／10／20 ／30／40／50dBm	
確　　度	1kHzにおいて　フルスケールの	±3%
周波数特性	5Hz ～ 1MHz　1kHzに対して	±10%
	10Hz ～ 1MHz　〃	±5%
	20Hz ～200kHz　〃	±3%

安定度	電源電圧の±１０％変動に対してフルスケールの０.５％以下	
雑音	入力端子を短絡して	2％以下
出力端子	5way形　間隔１９mm（3/4″）	
出力電圧	フルスケールのとき	約1.5V
歪率	〃　　1kHzにおいて	2％以下
周波数特性	7Hz～250kHz　$^{+1}_{-3}$dB	
電源	100V　50／60Hz	約４VA
寸法	200(D)×140(W)×190(H)mm	
（最大寸法）	270(D)×140(W)×205(H)mm	
重量		約3.2kg
付属品		
	941B型端子アダプタ	1
	取扱説明書	1

3. 使用法

3.1 パネル面の説明

① POWER

電源スイッチを開閉するスナップスイッチで、上方に倒すと電源が入り、レンジスイッチのダイアルが照明されます。

　スイッチを入れて約10秒間は、メータの指針が不規則に振れることがあります。

② レンジスイッチ

　パネル中央の黒色ダイアルで電源の開閉により照明ランプが点滅します。又、ダイアル上の数字と文字はつぎのような意味をもっています。

外側　フルスケール電圧を表わしています。
　　橙色の数字はmV（＝1／1000V）
　　白色の数字はV
内側　ほぼ中央のdBm値（後記）を表わしており赤色です。

　レンジスイッチは時計方向に回すと高電圧となり、反時計方向に回すと低電圧レンジになります。

③ INPUT端子

　測定電圧を接続する入力端子で、UHF型のレセプタクルとGND（グランド）端子に分かれています。

　接続は、UHF形（5／8″－24）又はM形（16φ－1p）のプラグか標準（間隔3／4″＝19㎜）の双子バナナプラグのご使用が便利です。

　そのほか、レセプタクルの中心導体にはバナナプラグが使用でき、又附属品の″941B形端子アダプタ″を挿入してGND端子と同じように、バナナプラグ・スペード・アリゲータクリップ，2㎜チップおよび2㎜以下の導線を接続することができます。

レセプタクルの外側導体およびGND端子は本機のパネルおよびシャッシと電気的に接続されています。

④ 指示計

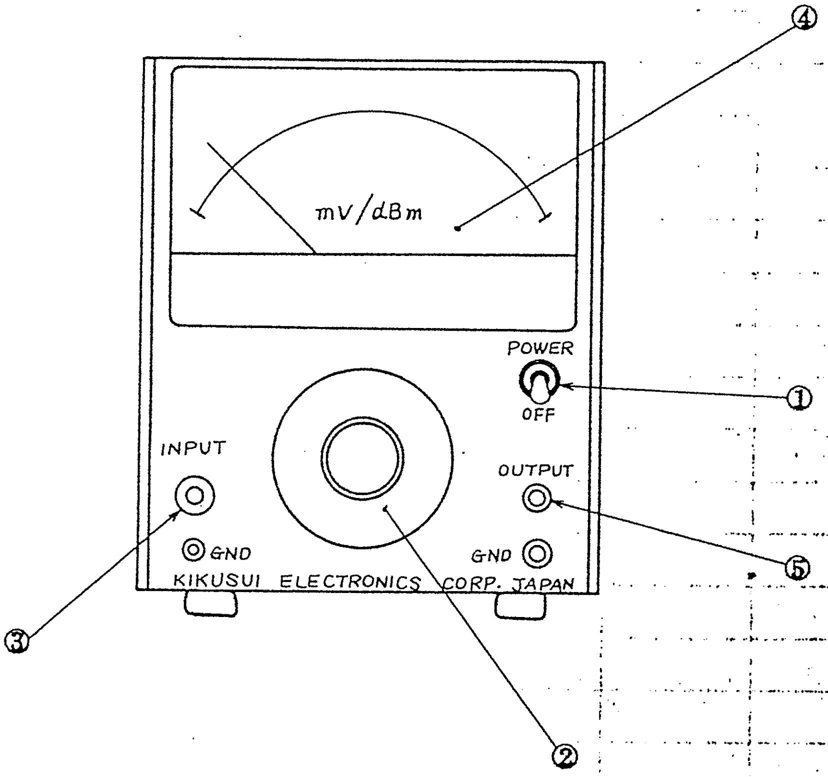
本機の指示計はつぎの3種類の目盛があります。

1. '50目盛' 5／50／500mVおよび5／50／500Vレンジのとき使用し、目盛の"5"は5mVレンジでは5mV,500Vレンジでは500Vを意味しています。
2. '1.5目盛' 1.5／15／150mVおよび1.5／15／150Vレンジのとき使用し、目盛数字の意味は'50目盛'と同じです。
3. 'dBm目盛' 測定電圧を1mW、600Ωを基準にとったdBmで読みとるときに使用し、－60～＋50dBmの12レンジとも同一目盛を使用します。

⑤ 出力端子

本機を増幅器として使用するときの出力端子で、パネル面に設けてあります。接続は'941B形' 端子アダプタと同じようにバナナプラグ、スペードラグ、アリゲータクリップ、2㎜チップおよび2㎜以下の導線を使用できますが、同軸ケーブルの付いた標準の双子バナナプラグが便利です。

端子の極性は黒色が接地側となります。


④
mV/dBm
POWER
OFF
①
INPUT
OUTPUT
GND
GND
KIKUSUI ELECTRONICS CORP. JAPAN
③
⑤
②

第３－１図

3.2　測定準備

1) パネルの右側にある電源スイッチを切っておきます。

2) 指示計の指示が、目盛の零点の中心に合っているかを確認し、ずれている場合は正しく零調整を行ないます。もし本機の電源が入っていたときは電源スイッチを切った後、約５分間経過させ完全に指針が零点付近に復帰してから零調整を行ないます。

3) 電源プラグを１００Ｖ　５０または６０Ｈｚの電源に接続します。

4) レンジダイアルを５００Ｖレンジに切換えておきます。

5) 電源スイッチを入れると、レンジダイアル面が照明され電源が入ります。スイッチを入れて約１０秒間は指示計の指針が不規則に振れることがあります。また同様にスイッチを切ったときも同じような状態になることがあります。

6) 指針の振れが安定したところで動作状態になり測定準備が完了します。

3.3　交流電圧の測定

1) 測定電圧が微少の場合、または測定を行なう電源のインピーダンスが比較的高い場合は外部からの誘導を避けるため、その周波数を考慮してシールド線あるいは同軸ケーブルなどを用いて測定します。測定電圧が低周波でレベルも高く、電源インピーダンスも低いときは付属の９４１Ｂ型端子アダプタを用いると便利です。
（ご注意：1.5mVレンジでは指示計からの輻射による結合をさけるためシールド線または同軸ケーブルを使用して測定することをおすすめします。）

2) 測定は本機に不要な過負荷を与えないように最高電圧レンジから始め、指示計の指示に応じて順次、低電圧レンジに切換えます。

３）指示計目盛は１５，５目盛を併用して、その読取りは第３－１表によります。

レ　ン　ジ	目　盛	倍　数	単　位	増幅度 (dB)
1.5ｍＶ　－６０dBm	１５	×0.1	ｍＶ	６０
５　〃　－５０dBm	５０	〃	〃	５０
１５　〃　－４０dBm	１５	×　１	〃	４０
５０　〃　－３０dBm	５０	〃	〃	３０
１５０　〃　－２０dBm	１５	×１０	〃	２０
５００　〃　－１０dBm	５０	〃	〃	１０
1.5 Ｖ　０dBm	１５	×0.1	Ｖ	０
５　〃　１０dBm	５０	〃	〃	－１０
１５　〃　２０dBm	１５	×　１	〃	－２０
５０　〃　３０dBm	５０	〃	〃	－３０
１５０　〃　４０dBm	１５	×１０	〃	－４０
５００　〃　５０dBm	５０	〃	〃	－５０

第 3−1 表

４）測定電圧を１ｍＶ，６００Ω基準にとったdBmで測定するときは各レンジ共通のdBm目盛を使用し、つぎのように読取ります。

dBmのほぼ中央にある＂０＂がレンジ名のレベルを表わしていますから目盛の読みにレンジの示すdBm値を加算した値が測定値になります。

例１　＂３０dBm（５０Ｖ）レンジ＂でdBｍ目盛の２を指示したときは

２＋３０＝３２dBm

例2　'−20dBm（150mV）レンジで1dBmの指示を得たときは
1＋（−20）＝1−20＝−19dBm

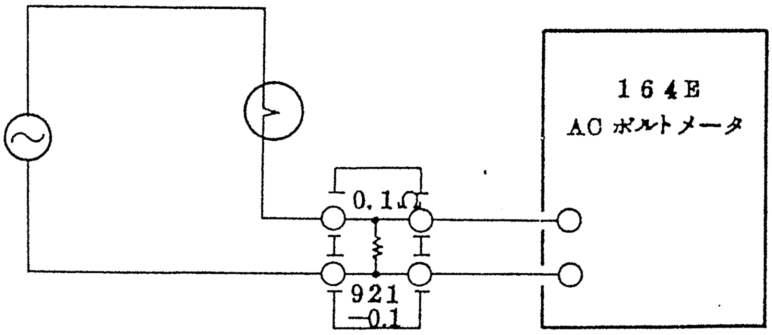
3.4　交流電流の測定

本機で交流を測定するには、測定する交流電流　I　を既知の無誘導抵抗　R　に流し、その両端の電圧を測定し　I＝E／R　より　I　を計算します。このとき本機の入力端子は(−)端子が接地されていることにご注意下さい。

別註の付属品'921形シャント抵抗'は、この測定に便利な標準抵抗で0.1Ω，1Ω，10Ω，100Ω，および1000Ωが用意され、このほかに、4Ω，8Ω，16Ω，および600Ωがあります。いずれも本機の入力端子にバナナプラグを挿入して使用することができます。

例　　真空管のヒータ電流（公称6.3V，0.3A）を測定したい
標準抵抗として、抵抗値0.1Ωの'921−0.1形'を使用し、第3−2図の接続により本機の指示を読み、29mVを得たとすれば

$$I=\frac{29\times10^{-3}}{0.1}=290\times10^{-3}\,(A)=290\,mA$$ を求めることができます。



第3−2図

3.5　出力計としての利用法

あるインピーダンスXの両端に印加されている電圧　E　を測定すれば、インピーダンス　X　内の皮相電力　VA　は　$VA=E^2/X$　で求めることができます。このときインピーダンス　X　が純抵抗　R　であればR内で消費された電力　P　は

$$P = E^2/R$$ となります。

本機は dBm 目盛であるので、別項のように R＝６００Ω のときはそのまま電力をデシベルで読みとることができます。また第3−3図、第3−4図のデシベル換算図を使用すれば、負荷抵抗が１Ω〜１０kΩの場合でも、図より得た一定の数値を加算して電力をデシベルで読みとることができます。

９２１形シャント抵抗には常用されているスピーカのボイスコイルインピーダンスと同じ抵抗値の４Ω，８Ω，１６Ω，があり、小容量（0.3W）の負荷抵抗として利用することができ、本機を出力計として利用することができます。

3.6　波形誤差について

本機は測定電圧の平均値に比例した指示をする'平均値指示形'の電圧計ですが、目盛は正弦波の実効値で校正してあります。このため測定電圧に歪があると、正しい実効値を指示せず、誤差を発生することがあります。第3−2表はこの関係を表わしたものです。

測定電圧	実効値	本機の指示
振幅100%基本波	100 %	100 %
100%基本波 +10%第2高調波	100.5	100
〃 +20% 〃	102	100〜102
〃 +50% 〃	112	100〜110
100%基本波 +10%第3高調波	100.3	95〜104
〃 +20 〃	102	94〜108
〃 +50 〃	112	90〜116

第3−2表

3.7　デシベル換算図の使用法

1)　デシベル

ベル(B)は対数を使用する基本的割算で比較する2つの電力量の比を10を底とする常用対数で表わしたもので、デシベル（dB）は、単位Bの1/10で1/10を表わす小文字dを付し、つぎのように定義されます。

$$\mathrm{dB} = 10\log_{10}\frac{P_2}{P_1}$$

つまり、電力P_2が電力P_1に対し、どの程度の大きさになっているかを常用対数の10倍で表わしています。

このときP_1とP_2が存在している点のインピーダンスが等しければ電力の比は一義的に電圧または電流の比をつぎのように表わす場合もあります。

$$\mathrm{dB} = 20\log_{10}\frac{E_2}{E_1} \quad \text{または} \quad = 20\log_{10}\frac{I_2}{I_1}$$

デシベルは上記のように電力量の比で定義されたものですが、相当以前から、デシベルの意味を拡張して解釈し、習慣的に一般の数値の比を常用対数的に表示し、これをデシベルの名で呼んでいます。

例えば、ある増幅器の入力電圧が10mV、出力電圧が10Vであれば、その増幅度は10V／10mV＝1000倍ですが、これを

$$増幅度 = 20\log_{10}\frac{10\mathrm{V}}{10\mathrm{mV}} = 60 \quad (デシベル)$$

となり、またRFの標準信号発生器では、出力電圧を表示するのに、その出力電圧が1μVに対し何倍であるかをデシベルで表わし、10mVは

$$10\mathrm{mV} = 20\log_{10}\frac{10\mathrm{mV}}{1\mu\mathrm{V}} = 80 \quad (デシベル)$$

としています。

このようなデシベル表示をするときには、基準つまり0dBを明らかにしておく必要があります。例えば、上記の信号発生器の出力電圧は10mV＝80dB（1μV＝0dB）とし、0dBに相当する量を（　）の中に記入しておきます。

2) dBm

dBmはdB（mW）を略したもので、1mWを0dBとして電力比を表わすデシベルですが、普通その電力の存在する点のインピーダンスが600Ωであることも含めている場合が多く、この場合は、dB（mW　600Ω）が正しい記号になります。

前記のように、電力とインピーダンスが定められれば、デシベルは電力と同時に電圧と電流をも表示することができ、dBmはつぎの諸量が基準になっています。

0dBm＝1mWまたは　0.775V
　　　　　　　　または　1.291mA

本機のデシベル目盛は、このようなdBm値で目盛ってあるため（1mW　600Ω）以外を基準にとったデシベルの測定は、本機の指示値を換算しなければなりません。この換算は対数の性質から、一定の数値を加算すればよく、第3−3図第3−4図を使用します。

3）デシベル換算図の使用法

第3—3図は数量の比をデシベル的に表わすときに使用する図で比較する量が電力（またはそれ相当）か、電圧、電流であるかによって読みとられる尺度があります。

例1　1mWを基準にして5mWは何デシベルか

これは電力比なので、左側の尺度を使用します。5mW／1mW＝5を計算し、図中の点線のように7dB（mW）を得ます。

例2　同じく1mWを基準にして、50mWおよび500mWは何デシベルか。

比が0.1倍以下および10以上のときは第3—3表の関係を利用して加算によってデシベルを求めます。

50mW＝5mW×　10＝7＋10＝17dB
500mW＝5mW×100＝7＋20＝27dB

比		デシベル	
		電力比	電圧・電流比
10,000	$=1\times10^{4}$	40 dB	80 dB
1,000	$=1\times10^{3}$	30 〃	60 〃
100	$=1\times10^{2}$	20 〃	40 〃
10	$=1\times10^{1}$	10 〃	20 〃
1	$=1\times10^{0}$	0 〃	0 〃
0.1	$=1\times10^{-1}$	−10 〃	−20 〃
0.01	$=1\times10^{-2}$	−20 〃	−40 〃
0.001	$=1\times10^{-3}$	−30 〃	−60 〃
0.0001	$=1\times10^{-4}$	−40 〃	−80 〃

第3—3表

例3　15mVはdB(V)ではいくらか

1Vを標準にしているので、まず15mV／1V＝0.015を計算し、電圧電流尺度を使用して　0.015＝1.5×0.01＝3.5＋(−40)＝−36.5dB(V)あるいは、この逆算として、1V／15mV＝66.7

66.7＝6.67×10→16.5＋20＝36.5dB(V)

４）デシベル加算図の使用法

第３－４図は、本機で測定したdBm値から電力を求めるとき使用する加算図です。

例１　スピーカーのボイスコイル　インピーダンスが８Ωで、この両端の電圧を本機で測定したところ－4.8dBmの指示を得た。スピーカに送られた電力（正しくは皮相電力）は何Ｗか？

第３－４図を使用して８Ωに対する加算値を図中点線のように＋18.8を求め、指示値との和がdB（mW　8Ω）表示した電力になります。

dB（mW　8Ω）＝－4.8＋18.8＝＋14

この14dB（mW　8Ω）をワットに換算するには、第３－３図を使用し14dB（mW　8Ω）→25mW

例２　10kΩの負荷に１Ｗの電力を供給するには何Ｖの電圧を印加すればよいか？

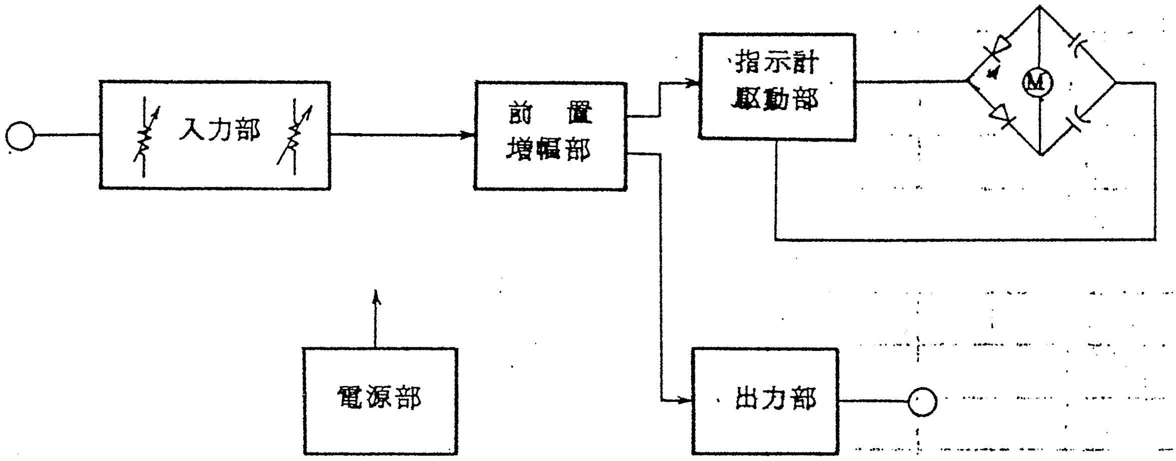
１Ｗは1000mWですから30dB（mW）になり30dB（mW　10kΩ）の電圧を計算すればよいわけです。

第３－４図より、600Ω→10kΩの加算値を求めると、－12.2ですから本機の指示はdB（mW　600Ω）目盛上の30－（－12.2）＝42.2でなければなりません。

本機の40dBmレンジ（0－100V）上に42.2－40＝2.2dBmを指示させる電圧が求める答で42.2dBm＝100Ｖとなります。

４. 動作原理

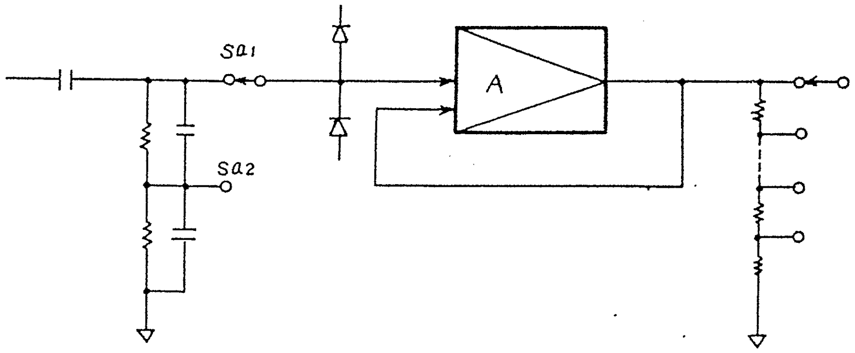
１６４Ｅ形 ＡＣボルトメータは、第４−１図に示すように入力部、前置増幅部、指示計駆動部、出力部および電源部から構成されています。


入力部
前置増幅部
指示計駆動部
M
電源部
出力部

第４−１図

４.１ 入力部

入力部は前段分圧器（０／６０dB）、インピーダンス変換器および１０dB ステップ６レンジから成る後段分圧器（０／１０／２０／３０／４０／５０dB）から構成され、第４−２図のようになります。



第４−２図

レンジスイッチが1.5mV〜500mVではSa_1，1.5V〜500V レンジではSa_2に入り、所定の分割を行なった後、インピーダンス変換器に入ります。変換器はFETを初段に用いたトランジスタQ_1，Q_2によるもので、高インピーダンスから低インピーダンスに変換し後段分圧器に信号を伝送します。

後段分圧器は信号レベルに応じて約1.5mVに分圧します。

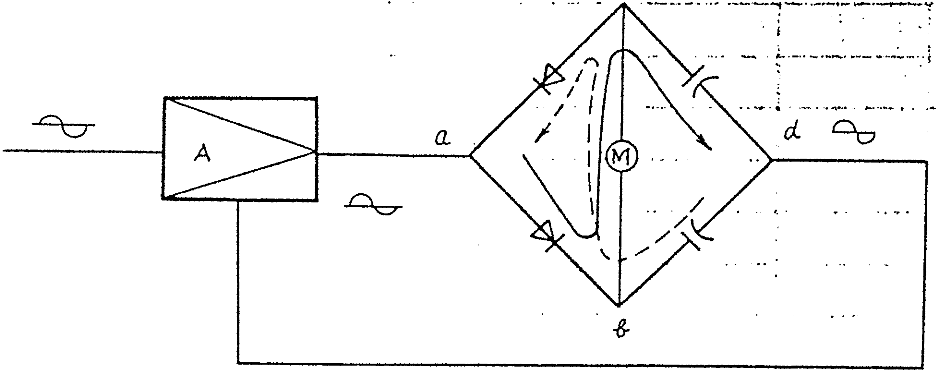
なお、ダイオード CR_1，CR_2は過入力のときの保護のためのものです。

4.2 前置増幅部

前置増幅部は入力部よりの微少信号を増幅するための負帰還増幅器でトランジスタ3石から構成されています。

4.3 指示計駆動部

トランジスタQ_7，Q_8を使用した増幅器でQ_8のコレクタから整流用ダイオードを経てQ_7のエミッタ電流帰還を施しています。



第4−3図

このためダイオードはほとんど定電流で駆動されることになり、ダイオードの非直線性は改善され、指示計は直線目盛となります。第4－3図はこの動作を示したもので、増幅器の出力電圧が正のサイクルでは実線で示したようにa→b→c→dと電流が流れ、負のサイクルでは点線のようにd→b→c→aと流れ、指示計はこれらの電流の平均値に応じて駆動されることになります。

4.4　出力部

前置増幅部のトランジスタQ_4のコレクタ電圧を、Q_6により増幅し外部に取出しています。

この出力端子からは指示計がフルスケールのとき約1.5Vを取出すことができます。

4.5　電源部

＋11V，＋25Vの定電圧電源およびレンジダイアル照明用のAC　6.3Vからできています。

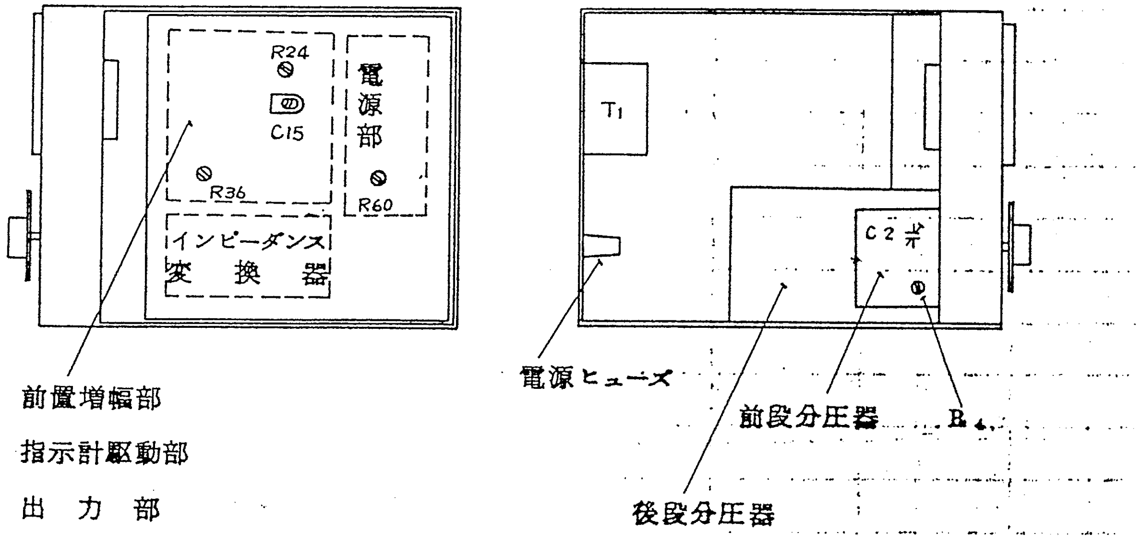
＋25Vの定電圧回路はOR_7による~~トランジスタのエミッターベース間の~~ツェナーダイオード　　　こを基準電圧としQ_{10}により誤差増幅を行いQ_9による直列制御により定電圧を得ています。尚、11Vは基準電圧の値を利用しております。

5.　保　　守

5.1　内部の点検

筐体背面にある４本のネジをはずすと右側面板、左側面板がはずれ内部の点検ができます。

第５－１図は各側面板をはずしたときの各部の配置図です。


R24
C15
R36
電源部
R60
インピーダンス変換器
前置増幅部
指示計駆動部
出　力　部
T1
C2
電源ヒューズ
前段分圧器
R4
後段分圧器

第５－１図

5.2　調整および校正

本機を長期間にわたり使用した後、又は修理を行なった際、仕様を満足しない場合は次の方法で調整および校正を行ないます。

1）定電圧回路の調整

まず電源回路のトランジスタQ_8のエミッタと接地間に直流電圧計を接続し可変抵抗R_{60}により＋25Vになるように調整します。

2）低域および高域周波数における校正（前置増幅器）

校正を行なう前には3.2項の2）の要領で指示計の零調整をしてから次の順序で行なって下さい。

レンジスイッチを50mVレンジに切換え入力端子へ400Hz　50mVの校正電圧（低歪率の正弦波）を加えて前置増幅器の可変抵抗R_{24}を調整し正しくフルスケールに合わせます。

次に校正電圧の周波数を　1MHz　にしてトリマコンデンサC_{15}を調整し同じ値にします。

3）前段分圧器の調整

レンジスイッチを1.5Vレンジに切換え、入力端子へ400Hz　1.5Vの校正電圧を加えて分圧器の可変抵抗器R_4を調整しフルスケールに合わせます。

次に校正電圧の周波数を40kHzにしてトリマコンデンサC_2を調整しフルスケールに合わせます。

この400Hzと40kHzの調整を2〜3回繰り返して完全に校正します。

4）出力増幅器の調整

レンジスイッチを1.5Vレンジにし、入力端子へ400Hz　1.5Vの校正電圧を加え、出力端子の電圧が1.5Vになるように可変抵抗R_{38}を調整します。

5.3 修 理

本機は入念に組立、調整し厳重な管理のもとに検査を行ない出荷されたものですが、偶発事故あるいは部品の寿命などが原因となり、万一故障が生じた場合には本節にある各部の電圧分布をご参照下さい。

各部の無信号時における電圧分布の一例を第5−1，2，3表に示してあります。これらの電圧は接地を基準にして入力抵抗11MΩのVTVM（菊水電子IV--107A）で測定した値です。

1）インピーダンス変換部

トランジスタ	エミッタ ソース(V)	ベース ゲート(V)	コレクタ ドレイン(V)
Q_1 2SK−30	7.2		21
Q_2 2SC372	6.6	7.2	25

第5−1表

2）前置増幅器、指示計駆動部および出力部

トランジスタ	エミッタ(V)	ベース(V)	コレクタ(V)
Q_3 2SC372			4.6
Q_4 2SC372	5.4	6	9.7
Q_5 2SA495	5.4	4.6	2.6
Q_6 2SC372	9.8	10.4	21
Q_7 〃			5
Q_8 〃	4.4	5	8

第5−2表

3） 電 源 部

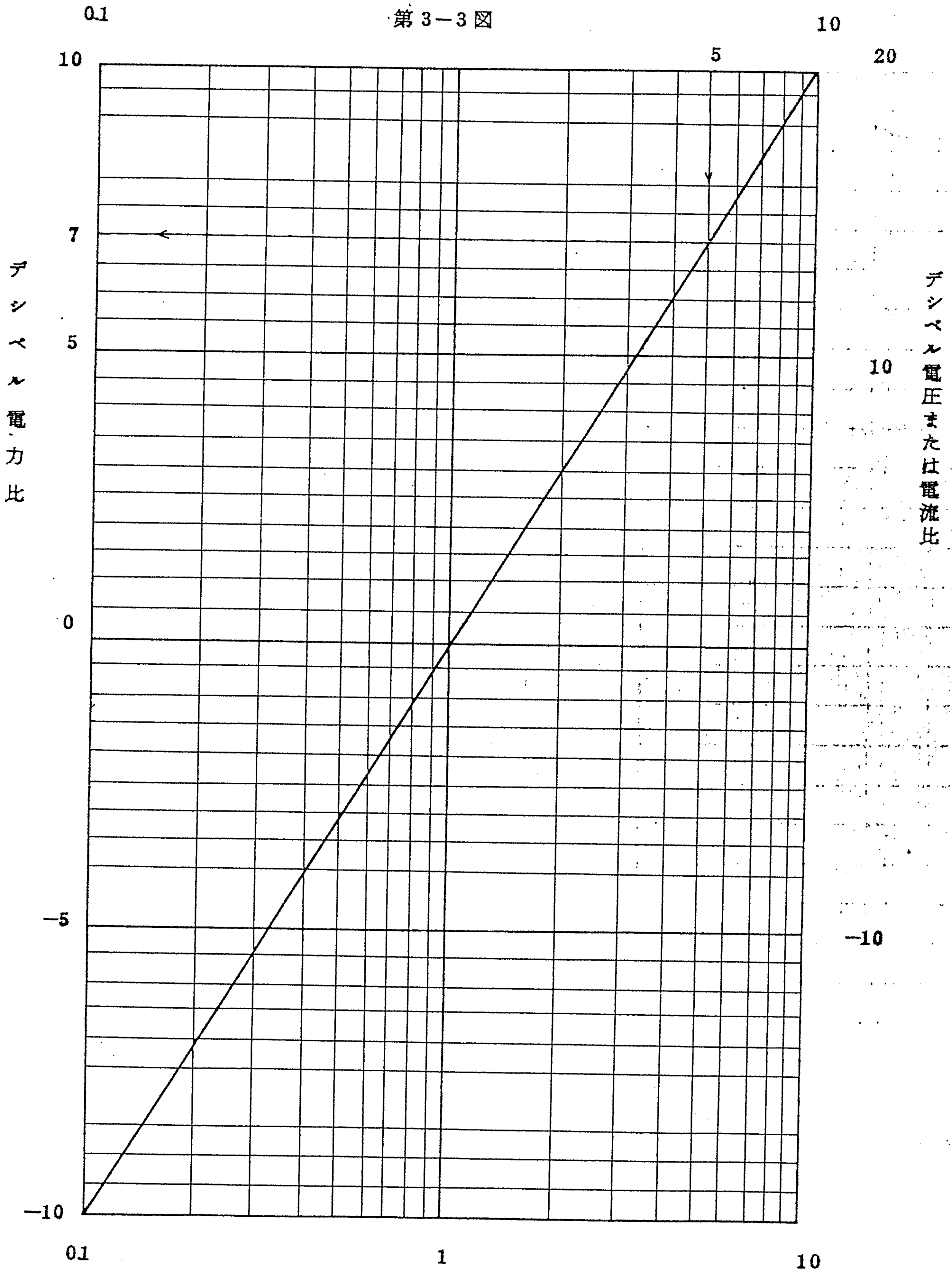
トランジスタ	エミッタ (V)	ベース (V)	コレクタ (V)
Q_9 2SC515	25	25.6	42
Q_{10} 2SC372	11	11.6	25.6
QCR_1 〃	33	25	25
QCR_7 RD11A or 02Z11A	11	0	

第5−3表

菊水電子工業株式会社 取扱説明書用紙
承認
校正
作成 年月日
仕様 番号
NP−32635B 6906 100. 50 S11770

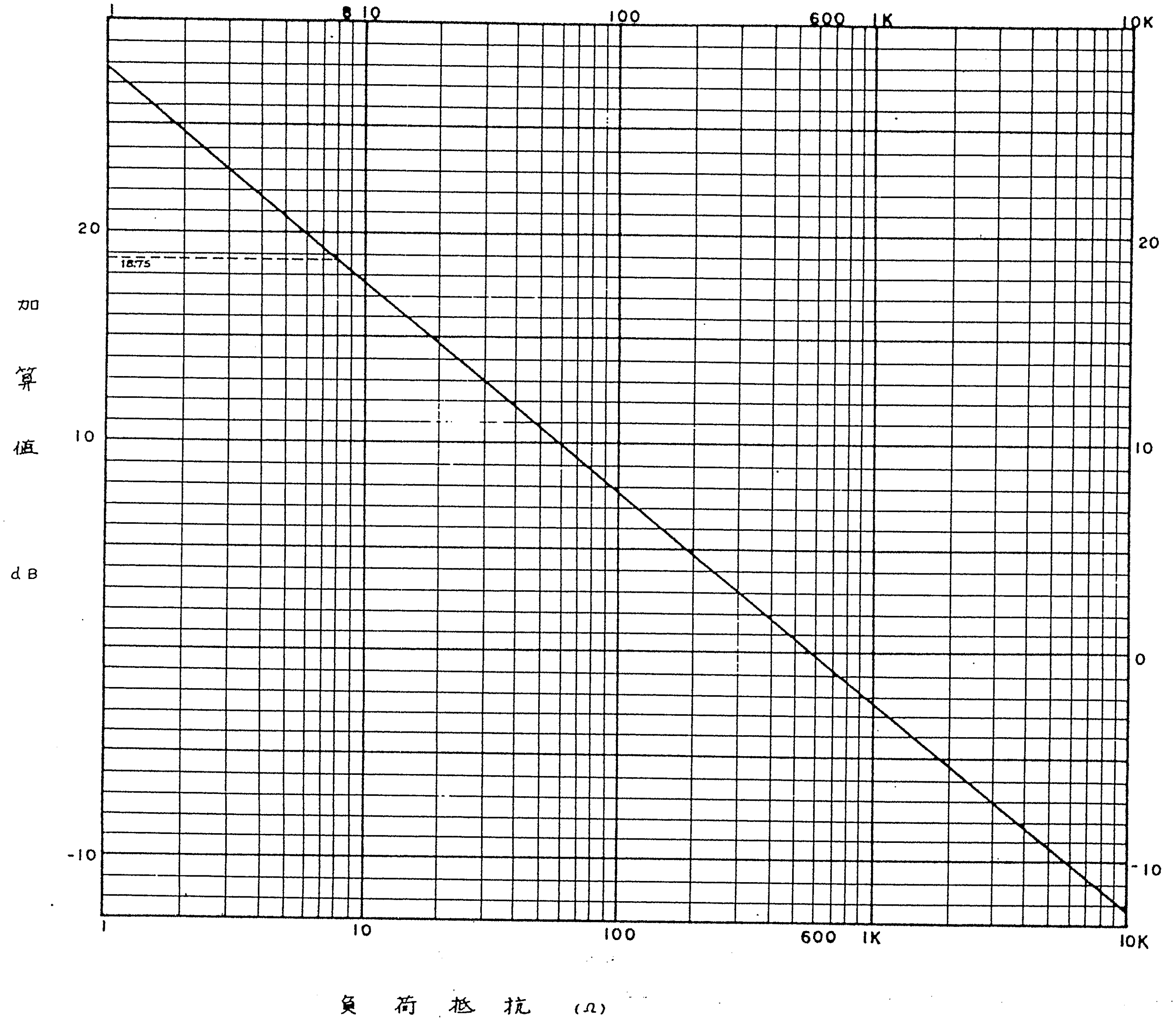
承認 . .
菊水電子工業株式会社　取扱説明書書式
校正 . .

第3—3図



電力、電圧、電流比

'76.9.2 34540



オ3-4図

164E
ACボルトメータ